

Composición química de la madera de *Juglans Neotropica* Diels., y su relación con las propiedades químicas del suelo en la parroquia Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador

Chemical composition of the wood of *Juglans neotropica* Diels., and its relationship with the chemical properties of the soil in Valladolid parish, Zamora Chinchipe province, Ecuador

Valverde - Rodríguez, Jhuliana Xiomara^{1*}. Jumbo – Benítez, Nohemí del Carmen¹ Fernández – Guarnizo, Paulina Vanesa². González Rogel, Julia Beatriz³. Iñiguez – Ordoñez, Diana Paulina⁴. Pucha – Cofrep, Darwin Alexander¹.

¹ Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja – Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja - Ecuador

³ Laboratorio de química. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja – Ecuador.

⁴ Laboratorio de Suelos. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja - Ecuador.

*Autor para correspondencia: jxvalverde@unl.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación evaluó la composición química de la madera de *Juglans neotropica* Diels (Nogal) y su relación con las propiedades químicas del suelo, en un ecosistema forestal húmedo de la parroquia Valladolid al sur de Ecuador. Para ello se tomó muestras de madera de cinco árboles de Nogal y muestras de suelo alrededor de cada individuo en un radio de dos metros. Posteriormente, en laboratorio se llevó a cabo la caracterización química de la madera, el análisis edáfico. Para el análisis estadístico entre variables, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y y de Spearman. Los resultados mostraron que la madera de Nogal posee mayor porcentaje de holocelulosa (78.91%), seguido de lignina (13.39%), y en menores proporciones de extractivos (5.76%) y cenizas (1.94%). El suelo presentó un pH promedio de 5.21 (ácido), niveles altos de nitrógeno (159.39 ppm) y fósforo (57.33 ppm). Se evidenció que entre las variables de suelo y madera existen dos relaciones negativas significantes (nitrógeno-holocelulosa y fósforo-extractivos), y una relación positiva (nitrógeno-lignina). Sin embargo, el pH y la ceniza no presentaron ninguna relación con los componentes y propiedades analizadas.

Palabras clave: Extractivos, ceniza, lignina, holocelulosa, pH, Juglans.

ISSN N° 2708 - 9843

<https://doi.org/10.47840/ReInA202120>

Recibido: 28 de octubre 2020

Aceptado para su publicación: 20 de noviembre 2020

ABSTRACT

This research evaluated the chemical composition of the wood of *Juglans neotropica* Diels (Walnut) and its relationship with the chemical properties of the soil, in a humid forest ecosystem of the Valladolid parish in southern Ecuador. For this purpose, wood samples were taken from five walnut trees and soil samples around each individual within a radius of two meters. Later, in the laboratory, the chemical characterization of the wood was carried out, as well as the edaphic analysis. For statistical analysis between variables, we used the non-parametric test of Kruskal-Wallis and Spearman. The results showed that the wood of Walnut has greater percentage of holocellulose (78.91%), followed by lignin (13.39%), and in smaller proportions of extractive (5.76%) and ashes (1.94%). The soil presented an average pH of 5.21 (acid), high levels of nitrogen (159.39 ppm) and phosphorus (57.33 ppm). It was evidenced that among the variables of soil and wood there are two significant negative relationships (nitrogen-holocellulose and phosphorus-extractants), and a positive relationship (nitrogen-lignin). However, the pH and the ash did not present any relation with the components and properties analyzed.

Key word: Extractives, ash, lignin, holocellulose, pH.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como un país megadiverso por poseer atributos únicos en biodiversidad y endemismo, razón por la cual el manejo de los recursos naturales debe estar orientado a revertir los procesos de degradación, a generar beneficios económicos y al mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras (FAO, 2004; Medina, 2015). A pesar de esto, existen especies que aún no han sido investigadas con respecto a sus propiedades químicas; las cuales son de interés para la industria papelera, la agricultura y ganadería (Urrelo, Leal y Bozo, 2016).

El estudio de caracterización química de la madera nos permite conocer los contenidos de holocelulosa, lignina, extractivos y ceniza, producidos durante el periodo de vida de cada individuo. Estas ejercen una gran influencia en otras propiedades de la madera, como, por ejemplo, las propiedades físicas, organolépticas y mecánicas. La composición química de la madera, a su vez, depende principalmente de los

factores ambientales y edáficos, que son los que determinan la concentración, en mayor o menor porcentaje, de los componentes químicos presentes en la madera (Anguisaca et al., 2019).

En la literatura es frecuente encontrar estudios sobre la relación de las características químicas del suelo y el clima con la tasa de crecimiento y la acumulación de biomasa (Mekonnen, 2006). No obstante, los estudios sobre el efecto del suelo en las propiedades químicas de la madera de especies tropicales de gran importancia ecológica como *J. neotropica* aún son escasos (Rigatto, Dedeczek y Monteiro de Matos, 2004; Moya, Arce, Gonzalez, Olivares y Rios, 2010). Esta especie se caracteriza por su capacidad de adaptación ante el cambio climático, recuperación ecológica de suelos degradados, y por mantener la calidad del aire y el agua en los sistemas agroforestales que al mismo tiempo son el hábitat y fuente de recursos alimenticios para la fauna silvestre (Toro y Roldán, 2018).

Ante la escasa información disponible, surge la necesidad de realizar estudios que aporten conocimientos sobre el efecto del suelo en la composición química de la madera. El conocimiento de los patrones de variación dentro de la misma especie hace posible un mayor y mejor aprovechamiento de este recurso forestal. Es por ello que la presente investigación tiene como finalidad, evaluar la composición química de la madera de *J. neotropica* y su relación con las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la parroquia Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe.

Cabe destacar que la presente investigación se desarrolló dentro del marco del proyecto general “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador” que se realiza bajo el financiamiento de la Universidad Nacional de Loja.

MATERIALES Y MÉTODOS

• Área de estudio

El área de estudio seleccionada corresponde a un ecosistema forestal ubicado en la región sur de Ecuador, específicamente en la parroquia Valladolid del cantón Palanda, perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe. De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Valladolid (2015), esta cuenta con una extensión territorial de 575,23 Km² y un rango altitudinal de 1 596 m s.n.m, presenta una precipitación media anual de 1612 mm y una temperatura media anual de entre 17,1 y 17,9 °C; entre los

principales pisos climáticos existentes en la zona se encuentran el ecuatorial de alta montaña y el ecuatorial mesotérmico semi-húmedo.

• Recolección y preparación de muestras

Para realizar la caracterización química de la madera, se seleccionaron cinco individuos de *Juglans neotropica*, a los cuales se les extrajo una rama principal. Cada rama se identificó con su respectiva etiqueta, contemplando los siguientes datos: número de árbol, altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) y coordenadas geográficas (Tabla 1). Con la ayuda de una lijadora de banda marca Black & Decker serie DS321 con lija N°60, se obtuvo harina de madera y se tamizó a través de una malla número N°60. La preparación de las muestras y la caracterización química de la madera se efectuó siguiendo las normas TAPPI.

Para realizar repeticiones del análisis químico, de cada muestra de polvo de madera obtenido (5), se extrajeron tres sub-muestras, dando un total de 15 sub-muestras. Las muestras de suelo fueron recolectadas en el área de crecimiento de cada individuo arbóreo, para ello se obtuvieron tres terrones de 40 x 40 x 20 cm, teniendo en cuenta un radio de 2 metros. Se obtuvieron en total 15 muestras de suelo. Cada muestra de suelo se identificó con su respectiva etiqueta en la que se colocaron los siguientes datos: número de árbol, número de muestra, lugar de procedencia y coordenadas UTM. Se dejó secar las muestras de suelo, se las tamizó con la ayuda de un tamiz de malla N° 10 y finalmente se las pesó.

Tabla 2. Datos dasométricos y coordenadas de los árboles muestreados

Número de árbol	Altura (m)	DAP (cm)	Coordenadas UTM	
			X	Y
1	16	38,2	706740,25	9496130
2	18	33,5	706733,43	9496132
3	17,5	42,6	706723,37	9496133
4	21,4	43,1	706711,18	9496140
5	19,5	44,6	706698,18	9496147

• **Determinación de composición química de la madera**

Ceniza: se pesó el crisol y se agregó cinco gramos de muestra; posteriormente se procedió a calcinar la muestra dentro de la mufla en un rango de temperatura de 100 a 600 °C, al observar que la muestra obtuvo un color blanquecino, se procedió a colocar en el crisol dentro de un desecador para que la misma enfriara. Finalmente se pesó y utilizó la siguiente fórmula indicada por la norma TAPPI (2015) T9 wd-75:

$$\% = \frac{(\text{masa de cenizas obtenidas}) - (\text{masa de crisol vacío})}{\text{masa de muestra seca}} * 100$$

Extractivos: se pesó aproximadamente 4 g de muestra, y se colocó en un dedal de celulosa, introduciéndola en el extractor Soxhlet. Se conectó con un refrigerante a reflujo y con un balón, el cual previamente se pesó y llenó con 160 ml solvente (éter de petróleo). Después se conectó la plancha eléctrica y controló la ebullición del solvente, tomando en cuenta que la extracción termina cuando el solvente esta incoloro en el extractor. Para el porcentaje de extractivos se aplicó la siguiente fórmula, establecida por la norma TAPPI (2015) T 204 cm-07:

$$\% = \frac{(\text{masa seca del balón con extracto}) - (\text{masa seca del balón vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

Holocelulosa: En un matraz se pesó aproximadamente 1 g de muestra libre de extractivos, y se añadió 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5% y 10 gotas de ácido acético concentrado, y llevó a baño maría a 70 °C durante 40 min. Pasado el tiempo se añadió 5 gotas de ácido acético concentrado y aproximadamente 1 g de clorito de sodio sólido y se llevó a baño maría por 40 min más. Lo obtenido se filtró en el papel filtro previamente pesado, lavando los residuos con agua destilada fría. La holocelulosa contenida en el papel filtro, se llevó a la estufa a 105 °C, y finalmente se la pesó. Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de holocelulosa, aplicando la fórmula establecida por la norma TAPPI (2015) T9 wd-75:

$$\% = \frac{(\text{Masa seca del papel filtro} + \text{residuo}) - (\text{masa del papel filtro vacío})}{\text{masa seca de muestra}} * 100$$

Lignina: en un matraz de 250 ml, se pesó 0.1 gramo de muestra libre de extractivos y se adicionó 1,5 ml de ácido sulfúrico concentrado al 72% y se dejó reposar 15 min. Posteriormente se adicionó 60 ml de agua destilada, la misma que hirvió a reflujo durante 30 min. En un papel filtro previamente pesado y colocado en un

embudo, se filtró la muestra procesada con la ayuda de agua caliente; el papel filtro con los residuos se colocaron en la estufa a 100 °C para secar. Para obtener el porcentaje de lignina, se utilizó la fórmula establecida por la norma TAPPI (2015) T22 cm-11:

$$\% = \frac{(\text{Peso seco del papel filtro+residuo})-(\text{Peso del papel filtro vacío})}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

• Determinación de las propiedades químicas del suelo

pH: En un recipiente plástico se colocó 20 g de muestra de suelo tamizada y se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó a 400 rpm durante cinco minutos, pasado este tiempo se dejó reposar por 30 min y finalmente, mientras se agita manualmente la mezcla se procedió a realizar la lectura del pH con la ayuda de un potenciómetro previamente estandarizado.

Extractivos: se colocó en un recipiente de plástico 2,5 g de muestra de suelo tamizada y se agregó 25 ml de solución extractante (Olsen modificado), después de agitó durante diez minutos a 400 rpm, se filtró y finalmente se llevó a refrigeración. A partir de los extractivos se realizan los análisis de nitrógeno y fósforo.

Nitrógeno: Se tomó 2,0 ml de la solución de extractivos, se agregó 8,0 ml de fenol básico y se adicionó 10 ml de Hipoclorito de sodio (NaClO); posteriormente reposó por tres horas sin exponerlo a la luz directa, con el fin de mantener por más tiempo el color estable.

Se realizó una curva de calibración, utilizando las concentraciones de 0 – 62,5 – 12,5 – 18,7 – 25,0 ppm, tomando como punto más alto la solución patrón y como punto más bajo la solución extractante. Se observó la absorción a una longitud de

onda de 630 nm, y finalmente se interpoló los datos de absorbancia de las muestras de la curva de calibración, los resultados se presentan mg de N por 1000 ml de suelo (ppm).

Fósforo: Se tomó 1,0 ml de extractivos, posteriormente se agregó 4,0 ml de agua destilada y 5,0 ml de reactivo de color para fósforo y reposó por 1 hora.

Para realizar la curva de calibración, se utilizó las concentraciones de 0 – 30 – 60 – 90 – 120 ppm, tomando como punto más alto (120 ppm) la solución de 12 mg/ml de P y como punto más bajo (0 ppm) la solución extractante.

En el espectrofotómetro UV, se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 680 nm. Al interpretar los datos de absorbancia de las muestras, en la curva de calibración, se reportó directamente el mg de P por 1000 ml de suelo (ppm).

• Análisis y procesamiento de datos

Los datos obtenidos de la caracterización química de la madera y análisis del suelo, se registraron en tablas previamente diseñadas, para facilitar el cálculo de valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

Además, para determinar las posibles diferencias significativas de los componentes químicos de la madera de los cinco individuos de *J. neotropica* y las propiedades químicas del suelo en el que se desarrollaron, se la prueba no paramétrica de comparación múltiple de medias (Kruskal-Wallis), para este análisis el nivel de significancia mínimo usado es alfa = 0,05. Este análisis estadístico agrupa con la misma letra a los individuos cuyos valores promedio presenten similitud estadística ($P > 0,005$);

individuos cuyos valores promedios presenten diferencias significativas ($P \leq 0,005$) son representados con letras distintas.

Para determinar la relación entre la composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo, se utilizó la prueba no paramétrica de Spearman y con ello se obtuvo el coeficiente de correlación con un nivel de significancia = 0,05, un coeficiente cercano 1 negativo y 1 positivo, indican asociaciones negativas o positivas respectivamente, valores cercanos a 0 indican que no existe correlación entre las variables.

Resultados y Discusión

• Composición química de la madera

Los resultados de la composición química de la madera de *J. neotropica* muestran que en promedio esta especie contiene 1,94% de ceniza, 5,76% de extractivos, 13,39% de lignina y 79,31% de holocelulosa. De esta manera los componentes con menor y mayor proporción presentes en la madera son la

ceniza y la holocelulosa respectivamente (Tabla 2).

A nivel individual (Tabla 2), se encontró que los extractivos en la madera van de 4,53% (árbol 5) a 7,16% (árbol 1). La proporción de ceniza no supera el 2,19% (árbol 3). Además, el componente con mayor proporción en los cinco individuos es la holocelulosa, con porcentajes mayores a 75,67%, siendo el árbol cinco el que posee mayor contenido con 84,41%. Sin embargo, el contenido de lignina del árbol cinco presenta el menor porcentaje con 11,02%.

Los componentes químicos de la madera que presentan mayor variabilidad entre los individuos de *J. neotropica* analizados son los extractivos y la lignina, puesto que poseen un coeficiente de variación de 20,47% y 14,50% respectivamente. Por otro lado, la ceniza y holocelulosa son los componentes que mostraron menor variabilidad entre los individuos analizados con un coeficiente de variación de 10,99% y 4,24% respectivamente (Figura 1).

Tabla 3. Valores promedio (\bar{X}), desviación estándar ($\pm DS$) y coeficiente de variación de los porcentajes de los componentes químicos de la madera de cinco individuos de *Juglans neotropica* de la parroquia Valladolid

Árbol	Componentes químicos de la madera			
	Extractivo % / (DS)	Ceniza % / (DS)	Lignina % / (DS)	Holocelulosa % / (DS)
1	7,16 / ($\pm 0,64$)	1,64 / ($\pm 0,21$)	12,32 / ($\pm 1,37$)	78,88 / ($\pm 0,63$)
2	4,57 / ($\pm 0,66$)	1,99 / ($\pm 0,47$)	13,02 / ($\pm 2,74$)	80,42 / ($\pm 2,38$)
3	6,03 / ($\pm 0,36$)	2,19 / ($\pm 0,03$)	14,60 / ($\pm 1,59$)	77,18 / ($\pm 1,87$)
4	6,53 / ($\pm 1,42$)	1,81 / ($\pm 0,16$)	15,98 / ($\pm 1,53$)	75,67 / ($\pm 0,47$)

5	4,53 / ($\pm 0,51$)	2,05 / ($\pm 0,03$)	11,02 / ($\pm 1,24$)	84,41 / ($\pm 0,87$)
\bar{X} (%)	5,76	1,94	13,39	79,31
$\pm DS$	1,18	0,21	1,94	3,36
CV%	20.47	10.99	14.50	4.24

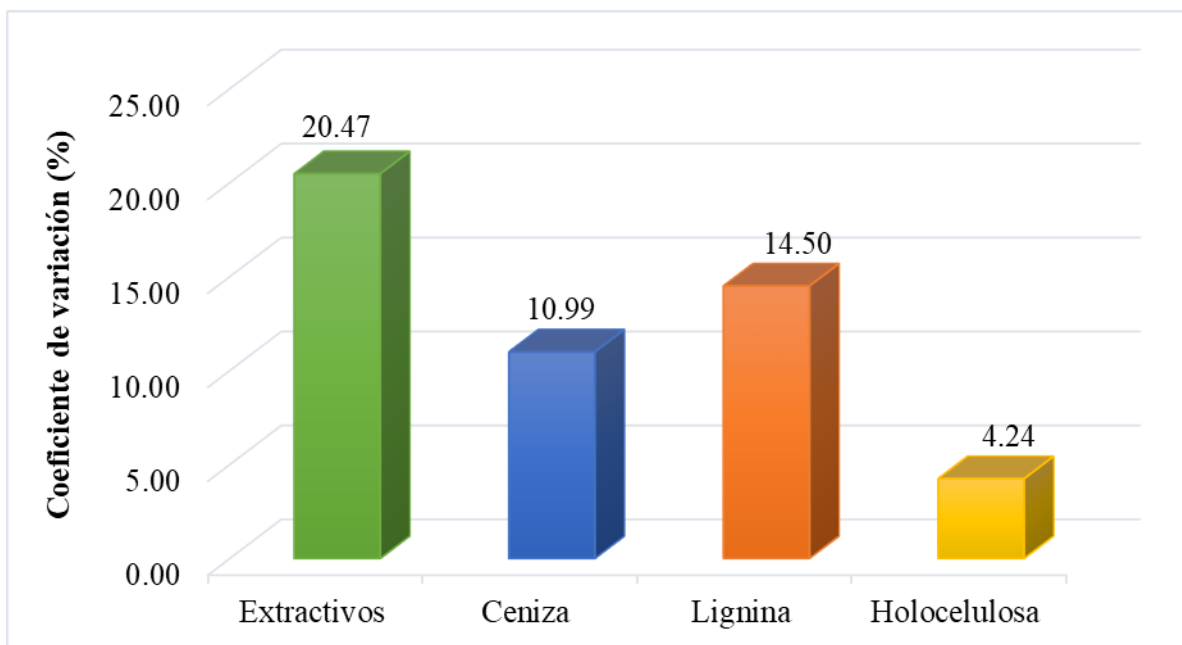


Figura 4. Coeficiente de variación de los valores promedio del contenido de componentes químicos de la madera de cinco individuos de *J. neotropica* de la parroquia Valladolid

El contenido de ceniza presente en los individuos analizados estuvo entre 1,64% (árbol 1) y 2,19% (árbol 3), estos resultados concuerdan con el porcentaje de cenizas en madera de latifoliadas establecido por Paz (2008) que se encuentra entre 0,1% y 5,4% y por Gonzales H. (2013) el mismo que indica que pueden llegar hasta un 5%.

Al realizar el análisis estadístico de Kruskal-Wallis se determinó que no existen diferencias significativas ($p = 0,0799$) entre los valores promedios del contenido de ceniza, como se indica en la

Figura 2A. Los árboles se designaron en dos grupos: grupo A (árbol 1, 2, 4 y 5) y grupo B (árbol 2, 3 y 5); árboles con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) en sus valores promedio.

En relación con el contenido de extractivos existen diferencias significativas ($p = 0,0248$) entre sus valores promedio, de esta forma, en la Figura 2B, se indica que el contenido de este componente se encuentra entre 4,53% (árbol 5) y 7,16% (árbol 1). Existen tres grupos que presentan similitud de valores

promedio: grupo A (árbol 2, 3 y 5), grupo B (árbol 2, 3 y 4) y grupo C (árbol 1,3,4).

Estos valores concuerdan con los porcentajes de extractivos obtenidos con la misma solución (éter) en maderas latifoliadas, establecidos por Paz (2008), que van desde 0,1% a 7,7%; y se acercan a los resultados obtenidos por AIDER (2012), en diez especies maderables de Perú (0,90% a 7,85%) y con los análisis realizados por Herrera (2013), a seis especies latifoliadas (5,92% a 8,45%).

Con respecto a los porcentajes de contenido de lignina presente, se observa que, estos se encuentran entre 11,02% (árbol 5) y 15,98% (árbol 4).

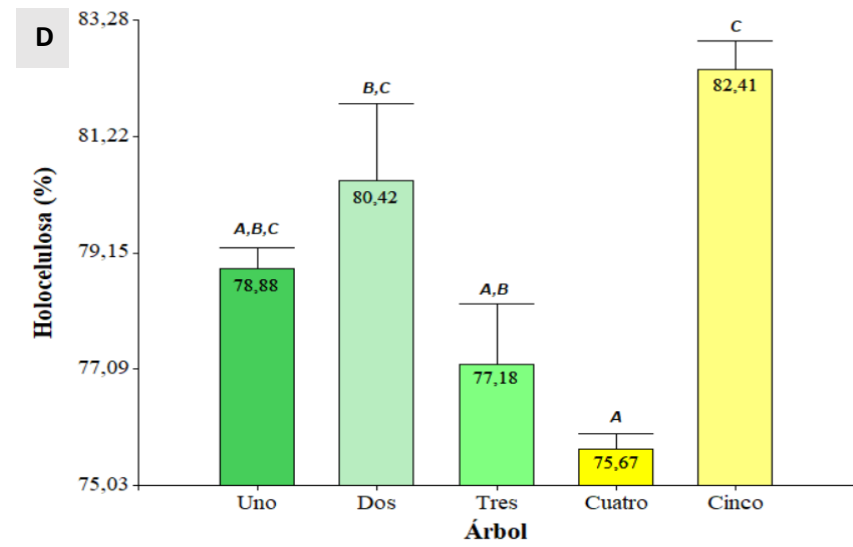
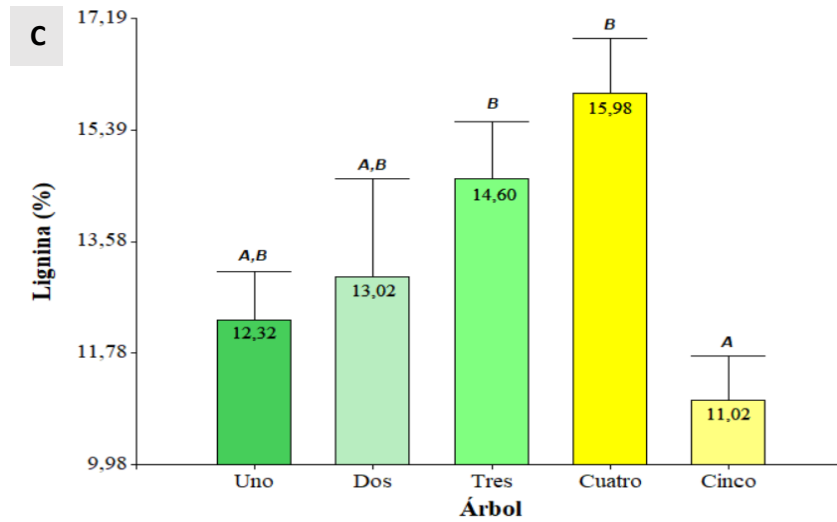
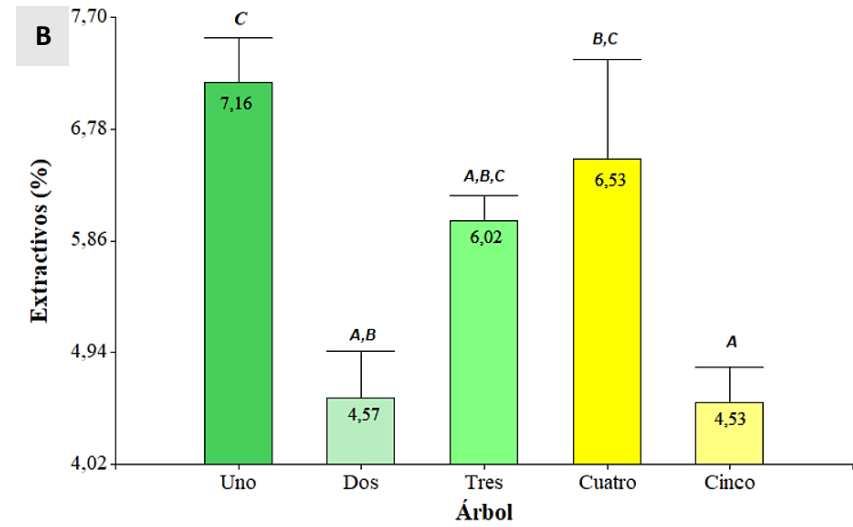
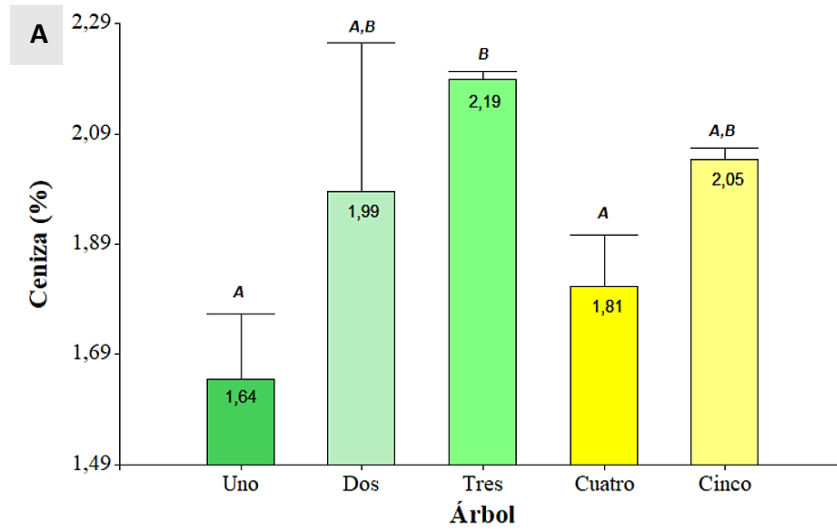
Estos resultados se encuentran cercanos a los valores establecidos por Paz (2008), en donde los rangos de lignina para maderas latifoliadas van desde 14,0% hasta 34,6 % y a lo obtenido por Anguisaca et al. (2019), con 12.29% en árboles de *J. neotropica* de la Reserva Natural El Tundo.

Al realizar el análisis estadístico de se determinó que no existen diferencias significativas ($p = 0,0571$) entre los valores promedio. Además, se obtuvieron dos grupos de árboles con similitud estadística: grupo A (árbol 1, 2 y 5) y grupo B (árbol 1, 2, 3 y 4) (Figura 2C).

El contenido de holocelulosa presenta diferencias significativas entre los valores promedio $p = 0,0337$. En la Figura 2D, se indica que los porcentajes del contenido de holocelulosa de los árboles estudiados, se encuentran desde 75,67% (árbol 4) hasta 82,41% (árbol 1); además, se indica la existencia de tres grupos con similitudes estadísticas: grupo A (árbol 1,

3 y 4), grupo B (árbol 1, 2 y 3) y grupo C (árbol 1, 2 y 5).

Estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos Paz (2008), que van desde 71% a 89,1% y Fonseca (2006), desde 70% a 90%. Además, se relacionan con los datos de holocelulosa obtenidos Anguisaca et.al (2019), que van desde el 70,67% a 89,06% y de forma específica con *J. neotropica* 75,34%; con los datos obtenidos por Herrera (2013), que van de 78,14% a 82% y con los valores obtenidos por Honorato, Colotl, Apolinar y Aburto (2015), en donde el porcentaje de holocelulosa se encuentra desde 77,73% a 83,52%. Según Núñez (2008), el contenido de holocelulosa en la madera suele presentar valores bajos porque han perdido hemicelulosas o han perdido reactivos, y presentan valores elevados porque todavía presentan lignina.



- **Propiedades químicas del suelo**

El análisis de cinco muestras de suelo mostró que *J. neotropica* se desarrolla en suelos ácidos con un pH promedio de 5,2 y con niveles altos de nitrógeno y fósforo con un promedio de 159,35 ppm y 57,33 ppm respectivamente (Tabla 3).

En relación con el pH del suelo, los valores promedio de esta propiedad varían desde 4,97 (muy ácido) a 5,50 (ácido). Además, se evidenció a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que los valores promedios no presentan diferencias significativas ($P=0,1468$) y se aprecian dos grupos con similitud estadística: grupo A (muestra 1, 2, 3 y 5) y grupo B (muestra 2, 4 y 5) (Figura 3A). Esto concuerda con Ospina, Hernández, Aristizabal, Patiño y Salazar (2003), los mismos que mencionan que el mejor desarrollo de *J. neotropica* se produce cuando el pH es ácido a ligeramente ácido (5,0 – 5,8); también con Palomino y Barra (2003), en donde se establece que, para el desarrollo de esta especie, el suelo debe tener un pH de ácido a neutro (4 – 7,3). Toledo (2016), menciona que habrá mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a un pH del suelo entre 6 y 7. Se observan contenidos altos de nitrógeno, con valores promedio que van desde (142,95 - 173,44 ppm). Los valores promedios presentan

diferencias significativas ($P=0,0252$) y se aprecian tres grupos con similitud estadística: grupo A (muestra 1, 2 y 5), grupo B (muestra 1, 2 y 3) y grupo C (muestra 2, 3 y 4) (Figura 3B). El contenido de fósforo disponible en el suelo presenta valores promedios que van desde (46,47- 80,41 ppm). Se observa que los valores promedios presentan diferencias significativas ($P = 0,0231$) y que existen tres grupos con similitud

estadística: grupo A (muestra 1, 2 y 4), grupo B (muestra 2, 3 y 4) y grupo C (muestra 3, 4 y 5) (Figura 3C).

De acuerdo con Casas (2015) y con Drossopoulos, Kouchaji y Bouranis (1996), el Nogal es una especie muy exigente en nitrógeno y más moderado en cuanto a fósforo. Esto concuerda con los valores promedios obtenidos en la presente investigación ya que el contenido de nitrógeno presente en el suelo es mayor con 159.39 ppm mientras que el fósforo posee 57.33 ppm, ambos macronutrientes se encuentran en contenidos altos y esto se relaciona con el estudio realizado por Amiri y Gharati (2012) en donde explican que los niveles más altos de macronutrientes mejoran la proliferación y crecimiento de *Juglans*.

- **Relación entre los componentes químicos de la madera de *Juglans neotropica* y las propiedades químicas del suelo**

De acuerdo con Bonilla (1971) y con Clark y Richardson (2002) existe una influencia de los factores edafológicos sobre el desarrollo de los árboles, siendo los macronutrientes (N y P) los que presentan mayor demanda a través del tiempo en las plantas; lo que se evidencia en el presente estudio (Tabla 4), en donde los componentes químicos de la madera de cinco árboles de *J. neotropica* obtenidos en la parroquia Valladolid, poseen relación con los macronutrientes disponibles en el suelo donde se han desarrollado los individuos arbóreos.

A través de la prueba no paramétrica de Spearman, se observó que el nitrógeno disponible en el suelo, posee una relación directamente proporcional con la lignina con un coeficiente de 0,73 (Sig = 0,02), e inversamente proporcional con la holocelulosa ya que se observa un

coeficiente de correlación de -0,73 (Sig = 0,002). Por lo tanto, cuando mayor es la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, el

porcentaje de lignina presente en la madera aumentará y la holocelulosa disminuirá.

Tabla 4. *Propiedades químicas del suelo del lugar de crecimiento de cinco árboles de Juglans neotropica provenientes de la parroquia Valladolid*

Muestra de suelo	Propiedades químicas del suelo					
	pH		Nitrógeno (ppm)		Fósforo (ppm)	
1	4,97	Muy ácido	151,22	Alto	46,47	Alto
2	5,20	Ácido	162,88	Alto	52,22	Alto
3	5,00	Muy ácido	166,27	Alto	54,56	Alto
4	5,50	Ácido	173,44	Alto	53,01	Alto
5	5,37	Ácido	142,95	Alto	80,41	Alto
\bar{X} (%)	5,21	Ácido	159,35	Alto	57,33	Alto
$\pm DS$	0,23		12,19		13,26	
CV (%)	4,42		7,65		23,12	

Se evidencia que cuando el nitrógeno es menor 142,95 ppm (árbol 5), el contenido de lignina y holocelulosa del mismo árbol es de 11,02% y 82,41% respectivamente, mientras que, cuando el de nitrógeno es mayor 173,44 ppm (árbol 4) el contenido de lignina aumenta a 15,98% y el contenido de holocelulosa disminuye a 75,67%. El nitrógeno es importante para la actividad fotosintética, para la formación de biomasa y el crecimiento de los árboles ya que favorece el desarrollo del tallo (Ypushima et.al, 2014).

Según Salisbury y Ross (1992), el fósforo se encuentra relacionado con el contenido de celulosa presentes en la planta, debido a que, la deficiencia de este elemento provoca que la producción de proteínas sea muy baja y, por lo tanto, la síntesis de

almidón, celulosa y sacarosa se reduzcan. Sin embargo, en el presente estudio solo se observa una relación negativa entre el fósforo disponible en el suelo y el porcentaje de extractivos de la madera con un coeficiente de correlación de -0,61 y $p = 0,02$, cuando el fósforo es menor 46,47 ppm (árbol 1) el contenido de extractivos es de 7,16% y este disminuye a 4,53% cuando el fósforo alcanza 80,41 ppm (árbol 5). De acuerdo con McLaughlin (1996) y Will (1985) los suelos en los que el fósforo resulta determinante en la variación de la productividad son normalmente ácidos; lo que concuerda con el presente estudio en donde las muestras suelo presentan un pH promedio de 5.21 (ácido).

La holocelulosa posee una relación negativa con los extractivos con un coeficiente de -0.59 (Tabla 4), puesto que, cuando el porcentaje de holocelulosa es contenido de holocelulosa aumenta a 82.41% (árbol 5).

menor 75.67% (árbol 4), el contenido de extractivos es de 6.53%, sin embargo, este valor disminuye a 4.53%, cuando el

También, se observa que existe una relación inversamente proporcional entre la holocelulosa y la lignina con coeficiente de -0.92 con una significancia de 0,0006 resultados que son similares a los obtenidos por Quito (2019) en una especie latifoliada con un coeficiente de correlación 0,971 con nivel de significancia igual a 0,001.

A través de la prueba no paramétrica de Spearman, se observó que no existe relación entre valor de pH de las muestras de suelo y los componentes químicos de la madera de *J. neotropica* provenientes de la parroquia Valladolid, puesto que, los coeficientes de correlación no son cercanos a 1 positivo o a 1 negativo, y los grados de significancia son mayores que 0,05.

CONCLUSIONES

La composición química de la madera de *Juglans neotropica* Diels., de la parroquia Valladolid contiene en mayor porcentaje holocelulosa con 78,88%, seguido por lignina con 13,39%, y menor proporción se encuentran los extractivos y la ceniza con 4,53% y 2,05% respectivamente.

Las propiedades químicas del suelo en donde se desarrollaron los individuos muestreados de *Juglans neotropica*, presentan un pH ácido 5,21 y contenidos altos de nitrógeno 159,39 ppm y fósforo 57,33 ppm.

Entre las propiedades químicas del suelo y los componentes químicos de la madera se determinaron dos relaciones negativas (nitrógeno–holocelulosa y fósforo–extractivos) y una relación positiva

(nitrógeno–lignina). Además, se determinó que los extractivos y lignina poseen una relación negativa con la holocelulosa, sin embargo, el pH y la ceniza no presentan ninguna relación con los componentes y propiedades analizadas.

Los extractivos de la madera y el fósforo del suelo presentaron coeficientes de variación mayores al 20%, y al estar estadísticamente correlacionados se infiere que los extractivos de la madera son susceptibles a cambios en los niveles de fósforo disponible en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinsaca, F., Rey, Y., Luzón, C., Jumbo, N., Fernández, P., González, J., & Pucha-Cofrep, D. (2019). Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador. Loja: Bosques Latitud Cero, 9(1), 110-118.
- AIDER. (2012). “Estudio de la composición química de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales”. Perú. Recuperado de http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Estudio%20de%20composici%C3%B3n%20qu%C3%ADmica.pdf
- Amiri, M., & Gharati, S. (2012). Influence of medium composition on multiplication of walnut (*Juglans regia* L.) growth. Journal of Medicinal Plants Research, 6(8), 1482-1485.
- Bonilla, J. (1971). La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los árboles en las regiones templadas. Recuperado de <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr02-03/cap05.pdf>
- Casas, M. (2015). Producción de madera de nogal. Cultivos forestales y micológicos. Recuperado de <http://www.cultivosforestales.com/es/preguntas-frecuentes/informacion-de-producto/produccion-de-madera-de-nogal>
- Clark, C., & Richardson, A. (2002). Biomass and mineral nutrient partitioning in a developing tamarillo (*Solanum betaceum*) crop. Sci. Hort. 94, 41-51. Doi: 10.1016/S0304-4238(01)00355-7.
- Drossopoulos, J., Kouchaji, G., & Bouranis, D. (1996). Seasonal dynamics of mineral nutrients by walnut tree fruits. Journal of Plant Nutrition 19(2): 435-455.
- FAO. (2002). Los fertilizantes y uso. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- FAO. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en

- América Latina Documento de Trabajo. El sector forestal en el 2020. Recuperado de <http://www.fao.org/3/j2807s/j2807s00.htm#TopOfPage>
- FAO. (2006). Los bosques y el cambio climático: La gestión forestal es fundamental para afrontar el cambio climático. Recuperado de <http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>
- Fonseca. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino candelilla (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) procedente de la Finca Río Frío, Tactic, Alta Veracruz. Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
- Gonzales, H. (2013). Transformación química de la madera. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de https://www.academia.edu/7993070/Transformaci%C3%B3n_Qu%C3%ADmica_de_la_madera
- Herrera, A. (2013). Determinación de la densidad en madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de latifoliadas. Morelia, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/189/FITECMA-M-2013-1097.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Honorato, J., Colotl, G., Apolinar, F., & Aburto, J. (2015). Principales componentes químicos de la madera de Ceiba pentandra, Hevea brasiliensis y Ochroma pyramidale. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712015000200009&script=sci_arttext
- Marschner, H. (1998). Mineral Nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego, 889 p.
- McLaughlin, M. (1996). Phosphorus in Australian forest soil. En: Nutrition of Eucalyptus. Attiwill P.M. y Adams M.A. (Eds.), CSIRO Publishing. Collingwood, Australia, pp. 1-30.
- Medina, M. (2015). Caracterización y análisis de la diversidad de artrópodos (clase: insecta y Orden: Aráneae) en un bosque húmedo pre montano occidental del Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91586/D-CD88243.pdf>
- Mekonnen, K. (2006). Performance of eight tree species in the highland Vertisols of central Ethiopia: growth, foliage nutrient concentration and effect on soil chemical properties. New Forest, v.32, n.3, p.285-298.
- Moya, R., Arce, V., Gonzalez, E., Olivares, C., & Ríos, V. (2010). Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo en algunas propiedades de la madera de teca (*Tectona grandis*). Scielo. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n6/a17v34n6.pdf>
- Núñez, E. (2008). Obtenido de Química de la madera. Recuperado de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/69-Paz>
- Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., Patiño, J., & Salazar, J. (2003). El cedro negro: una especie promisoría de la zona cafetera. Chinchiná, Colombia. Recuperado de

- <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>
- Palomino, J., & Barra, M. (2003). Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad. Programa Selva Central Oxapampa. Recuperado de <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/70.pdf>
- Paz. (2008). Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. Guatemala.
- Quito, J. Jumbo, N. Fernández, P. (2019). La composición química de la madera de *Schizolobium parahyba* y su relación con las propiedades químicas del suelo, en la Quinta Experimental "El Padmi", provincia Zamora Chinchipe. Revista Bosques Latitud Cero vol. 9(2) p.47-60
- Rigatto, P., Dedecek, R., & Monteiro de Matos, L. (2004). Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft. Revista Árvore v.28, n.2, p.267-273.
- Román, S. (2020). Diagnóstico y Acondicionamiento de Suelos para la Plantación de Huertos Frutales. Recuperado de <https://www.agrovitra.com/acondicionamiento-de-suelos>
- Salisbury, F., & Ross, C. (1992). Plant physiology. (4th. ed.), Wadsworth Publishing, Belmont, 662p.
- SEMARNAT. (2009). Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?i d=xjjxf_Cwx0sC&pg=PA34&lpg=PA34&dq=Los+efectos+del+cambio+clim%C3%A1tico+sobre+la+vida+pueden+observarse+a+distintos+niveles,+que+incluyen+respuestas+de+los+organismos+a+nivel+individual,+en+las+interacciones+con+otras+e
- Toro, E., & Roldán, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/322531210_Estado_del_arte_propagacion_y_conservacion_de_Juglans_neotropica_Diels_en_zonas_andinas
- Urrelo, D., Leal, L., & Bozo, Z. (2016). Composición química de la madera de *Tabebuia impetiginosa* (Max. Ex DC) Standeley proveniente de la comunidad rural Ocho hermanos, Municipalidad El Carmen Rivero Rorrez, Departamento de Santa Cruz. La Paz, Bolivia: Revista Boliviana de Química, vol 33, núm. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4263/426347540001.pdf>
- Will, G. (1985). Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forests. F.R.I. bulletin n° 97, Rotorua, New Zealand.
- Ypushima, A., Salcedo, E., Manríquez, E., Silva, J., Zamora, J., & Hernández, E. (2014). Propiedades de la madera y relación nutrimental con el crecimiento en Teca.